



Nazwa modułu: Nanotechnologie i ich zastosowania w naukach przyrodniczych

Rok akademicki: 2017/2018 Kod: JFM-2-023-TO-s Punkty ECTS: 3

Wydział: Fizyki i Informatyki Stosowanej

Kierunek: Fizyka Medyczna Specjalność: Techniki obrazowania i biometria

Poziom studiów: Studia II stopnia Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 0

Strona www: —

Osoba odpowiedzialna: dr inż. Michalik Jan (jmichali@agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: dr inż. Michalik Jan (jmichali@agh.edu.pl)

### Krótką charakterystyka modułu

Zajęcia z przedmiotu "Nanotechnologie i ich zastosowania w naukach przyrodniczych" mają na celu zapoznanie studentów z technikami nano- obrazowania i fabrykacji pod kątem konkretnych zastosowań.

### Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
Wiedza			
M_W001	Student posiada wiedzę na temat technik obrazowania układów w nanoskali .	FM2A_W01, FM2A_W01	Egzamin
M_W002	Student posiada wiedzę z zakresu technik fabrykacji mikro- i nanourządzeń	FM2A_W01, FM2A_W05, FM2A_W06, FM2A_W05, FM2A_W01, FM2A_W06	Egzamin
M_W003	Student posiada wiedzę o możliwościach zastosowania metod nanotechnologii w diagnostyce medycznej, terapii i przeciwdziałaniu zakażeniom.	FM2A_W05, FM2A_W05	Egzamin
Umiejętności			
M_U001	Student potrafi zaprojektować pracę nad przygotowaniem urządzenia z zastosowaniem poznanych technik fabrykacji nanourządzeń.	FM2A_U01, FM2A_U04, FM2A_U04, FM2A_U01	Prezentacja, Sprawozdanie, Zaangażowanie w pracę zespołu

M_U002	Student posiada umiejętność oszacowania stopnia wykonalności projektu.	FM2A_U07, FM2A_U08, FM2A_U08, FM2A_U07	Udział w dyskusji
M_U003	Student posiada umiejętność przełożenia zdobytej wiedzy teoretycznej na zastosowania praktyczne przy projektowaniu cyklu pracy nad nanoukładami.	FM2A_U01, FM2A_U04, FM2A_U04, FM2A_U01	Aktywność na zajęciach, Odpowiedź ustna, Zaangażowanie w pracę zespołu
M_U004	Student potrafi wykonać powierzone mu zadania laboratoryjne z zakresu podstawowych technik obrazowania i nanofabrykacji.	FM2A_U08, FM2A_U08	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych

## Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatori um	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
Wiedza												
M_W001	Student posiada wiedzę na temat technik obrazowania układów w nanoskali .	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student posiada wiedzę z zakresu technik fabrykacji mikro- i nanourządzeń	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	Student posiada wiedzę o możliwościach zastosowania metod nanotechnologii w diagnostyce medycznej, terapii i przeciwdziałaniu zakażeniom.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności												
M_U001	Student potrafi zaprojektować pracę nad przygotowaniem urządzenia z zastosowaniem poznanych technik fabrykacji nanourządzeń.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student posiada umiejętność oszacowania stopnia wykonalności projektu.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	Student posiada umiejętność przełożenia zdobytej wiedzy teoretycznej na zastosowania praktyczne przy projektowaniu cyklu pracy nad nanoukładami.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M_U004	Student potrafi wykonać powierzone mu zadania laboratoryjne z zakresu podstawowych technik obrazowania i nanofabrykacji.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
--------	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

## Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

### Wykład

#### Nanotechnologie i ich zastosowania w naukach przyrodniczych

Zajęcia z przedmiotu "Nanotechnologie i ich zastosowania w naukach przyrodniczych" ma na celu zapoznanie studentów z podstawowymi technikami stosowanymi w szeroko pojętej nanotechnologii. Przedstawione zostaną efekty jakie napotykamy przechodząc z materiałów masywnych – trójwymiarowych do dwuwymiarowych (cienkich warstw), jednowymiarowych (nanodrutów i nanorurek) i zerowymiarowych (nanocząstek).

Tematyka zostanie podzielona na dwa podstawowe działy:

1. Wysokorozdzielcze techniki obrazowania (Skaningowy Mikroskop Elektronowy – SEM, Środowiskowy Skaningowy Mikroskop Elektronowy – ESEM, Elektronowy Mikroskop Transmisyjny – TEM, Mikroskopy jonowe i urządzenia typu Dual Beam i obrazowanie trójwymiarowe).

2. Techniki nanofabrykacji (fotolitografia, techniki przygotowania cienkich warstw chemiczne – CVD, PECVD i fizyczne – ewaporacja, sputtering, metody trawienia fizyczne i chemiczne, techniki przygotowania układów jedno- i zerowymiarowych: litografia elektronowa – EBL, litografia z wykorzystaniem zogniskowanych wiązek jonów – FIBID, FIBIE oraz elektronów – FEBIP).

W obu przypadkach przedstawione zostaną powiązania metod z zastosowaniami medycznymi (diagnostyka: laboratorium chipowe, wykorzystanie czujników magnetooporowych w diagnostyce oraz terapia: biokompatybilność wykorzystanie nanocząstek magnetycznych – hipertermia, lokalne podawanie, implanty).

### Ćwiczenia audytoryjne

#### Projektowanie schematu pracy nad wytworzeniem wybranych nanoukładów.

W czasie zajęć audytoryjnych studenci zapoznają się z metodami projektowania kolejnych etapów pracy nad zadanym nanourządzeniem. Na podstawie wiadomości z wykładów studenci samodzielnie wybiorą optymalną drogę pracy, która przy użyciu dostępnych metod nanofabrykacji umożliwi otrzymanie funkcjonalnego urządzenia. Rezultaty pracy własnej studentów zostaną omówione na forum grupy, poddane ocenie słuchaczy, pod kątem wykonalności, stopnia złożoności i prawdopodobieństwa odniesienia sukcesu w kompletnym procesie produkcyjnym.

### Ćwiczenia laboratoryjne

#### Skaningowy mikroskop elektronowy, Mikroskop sił atomowych, magnetometria

W czasie zajęć laboratoryjnych studenci będą mieli możliwość zapoznania się z pracą w laboratorium skaningowej mikroskopii elektronowej oraz mikroskopii sił atomowych pod kątem zastosowań wyżej wymienionych technik w nanotechnologii.

### Sposób obliczania oceny końcowej

Ocena końcowa obliczona zostanie na podstawie średniej arytmetycznej z ocen z egzaminu i zajęć

audytoryjnych.

### **Wymagania wstępne i dodatkowe**

Ze względu na charakterystykę zajęć (zarówno wykładów jak i ćwiczeń) nie określono szczegółowych wymagań wstępnych. Przydatna będzie wiedza i umiejętności wyniesione z kursów Fizyka I, II i III oraz pewne podstawowe fakty z kursów Krystalografii i Fizyki Ciała Stałego.

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

Literatura pomocna przy pogłębianiu wiedzy w tematyce omawianej na zajęciach, a także przydatna do przygotowania zadań na ćwiczenia audytoryjne i laboratoryjne zostanie podana w późniejszym terminie, po sprawdzeniu dostępności źródeł w Bibliotece AGH lub opracowaniach dostępnych z sieci wewnętrznej AGH (np. w czasopismach subskrybowanych przez Uczelnię).

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

1. **Jan M. Michalik**, S. Roddaro, L. Casado, M. R. Ibarra and J. M. De Teresa, *Quantification and minimization of disorder caused by FEBID deposition on graphene*, *Microelectronic Engineering* **88**, 8, 2063-2065 (2011)
2. *J. Fan*, • *Jan M. Michalik*, **L. Casado, S. Roddaro, M.R. Ibarra and J.M. De Teresa**, **Investigation of the influence on graphene by using electron-beam and photo-lithography**, *Solid State Communications* **151**, 21, 1574-1578 (2011)
3. **D. C. Leitao, J. Ventura, J. M. Teixeira, C. T. Sousa, S. Pinto, J. B. Sousa**, • *Jan M. Michalik*, J. M. De Teresa, M. Vazquez, J. P. Araujo, *Correlations among magnetic, electrical and magneto-transport properties of NiFe nanohole arrays*, *Journal of Physics Condensed Matter*. **25**, 66007-9 (2013)
4. *Soraya Sangiao*, • *Jan M. Michalik*, **Laura Casado, María C. Martínez-Velarte, Luis Morellón, Manuel R. Ibarra, José M. De Teresa**, **Conductance steps in electromigrated Bi nanoconstrictions**, *Physical Chemistry Chemical Physics* **15**, 5132 (2013)
5. **Amalio Fernández-Pacheco, Luis Serrano-Ramón**, • *Jan M. Michalik*, M. Ricardo Ibarra, José M. De Teresa, Liam O'Brien, Dorothée Petit, Jihyun Lee, Russell P. Cowburn, *Three dimensional magnetic nanowires grown by focused electron-beam induced deposition*, *Scientific Reports* **3**, 1492 (2013)
6. *J.M. De Teresa, P. Holujc, R. Córdoba, R. Fernández-Pacheco*, • *Jan M. Michalik*, **Fabrication of cobalt trifluoride (CoF<sub>3</sub>) phase from metallic cobalt by XeF<sub>2</sub>-assisted Focused Electron Beam Induced Processing**, *Microelectronic Engineering* **125**, 78-82 (2014)
7. **G. Tosolini**, • *Jan M. Michalik*, R. Córdoba, J. M. de Teresa, F. Pérez-Murano, J. Bausells, *Magnetic properties of cobalt microwires measured by piezoresistive cantilever magnetometry*, *Nanofabrication* **1**, 80-85 (2014)
8. I. Serrano-Esparza, Jiyu Fan, **Jan M. Michalik**, L. A. Rodríguez, M. R. Ibarra and J. M. De Teresa, *The nature of graphene-metal bonding probed by Raman spectroscopy: the special case of cobalt*, *Journal of Physics D: Applied Physics* **49** 105301 (2016)

W czasie swojej kariery naukowej miałem okazję pracować w wiodących zespołach zajmujących się badaniami z pola nanotechnologii, zarówno w zakresie badań podstawowych, jak i ukierunkowanych na stworzenie funkcjonalnych urządzeń komercyjnych:

- 2011 - 2013: INNPACTO IPT-010000-2010-002 "Desarrollo y puesta en mercado de biosensores inmunomagnéticos con cuantificación mono y multiple analito (BIM)". - Rozwój i wprowadzenie na rynek bioczuJNIKÓW immunomagnetycznych z detekcją pojedynczego markera i wielu markerów.
- 2009 - 2011: PI046/09, "Nanotecnología basada en dispositivos híbridos grafeno-materiales magnéticos/superconductores" founded by Gobierno de Aragón (D.G.A.) - Nanotechnologia oparta na urządzeniach hybrydowych grafen - materiał magnetyczny/nadprzewodnik.

### **Informacje dodatkowe**

Sposób wyrównywania zaległości powstałych na skutek nieobecności:

Ćw. Audytoryjne: w wypadku usprawiedliwionej nieobecności konieczne jest ustalenie dodatkowego terminu prezentacji

Ćw. Laboratoryjne: w wypadku usprawiedliwionej nieobecności konieczne jest ustalenie dodatkowego terminu celem odrobienia zajęć.

**Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)**

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Przygotowanie sprawozdania, pracy pisemnej, prezentacji, itp.	6 godz
Przygotowanie do zajęć	6 godz
Udział w wykładach	15 godz
Udział w ćwiczeniach laboratoryjnych	7 godz
Udział w ćwiczeniach audytoryjnych	7 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	27 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	7 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	75 godz
Punkty ECTS za moduł	3 ECTS